

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

DERWENT-ACC-NO: 1988-236310

DERWENT-WEEK: 199627

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Material defect detector for chemical plant or nuclear reactor - uses test vibrations and piezoelectric acceleration indicator as vibration generator supplied with pulsed energising signal

INVENTOR: IMAMOTO, N; SAKUNO, K ; YAMASHITA, Y

PATENT-ASSIGNEE: MITSUI ENG & SHIPBUILDING CO[MITB] , MITSUI  
ENGSHIPBUILD[MIBT], POWER REACTOR & NUCLEAR FUEL[DORY], MITSUI ENG &  
SHIPBUILDING CO LTD[MITB]

PRIORITY-DATA: 1987JP-0016208 (January 28, 1987)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 3802138 A	August 18, 1988	N/A	005	N/A
DE 3802138 C2	June 5, 1996	N/A	004	G01N 029/00
GB 2201777 A	September 7, 1988	N/A	000	N/A
FR 2610110 A	July 29, 1988	N/A	000	N/A
GB 2201777 B	June 26, 1991	N/A	000	N/A

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 3802138A	N/A	1988DE-3802138	January 26, 1988
DE 3802138C2	N/A	1988DE-3802138	January 26, 1988
GB 2201777A	N/A	1988GB-0001584	January 25, 1988

INT-CL (IPC): B06B001/06, G01M007/00 , G01N029/00 , G01N029/04

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3802138A

BASIC-ABSTRACT:

The system uses a vibration generator (4) and a vibration sensor (5) brought into close proximity to the material structure so that the vibrations are propagated through the latter with analysis of the received vibrations to detect any flows in the structure. The vibravibration generator (4) is provided by a piezoelectric acceleration indicator with an operating range between 1Hz and 10KHz supplied with a pulsed energising signal provided by a vibration signal generator providing between 20 and 10,000 pulse signals per second.

Pref. the vibration sensor (5) is provided by a second, similar piezoelectric acceleration indicator.

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3802138C

EQUIVALENT-ABSTRACTS:

The system uses a vibration generator (4) and a vibration sensor (5) brought into close proximity to the material structure so that the vibrations are propagated through the latter with analysis of the received vibrations to detect any flows in the structure. The vibration generator (4) is provided by a piezoelectric acceleration indicator with an operating range between 1Hz and 10KHz supplied with a pulsed energising signal provided by a vibration signal generator providing between 20 and 10,000 pulse signals per second.

Pref. the vibration sensor (5) is provided by a second, similar piezoelectric

⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 3802 138 A 1**

⑤ Int. Cl. 4:  
**G 01 N 29/00**  
G 01 N 29/04  
B 06 B 1/06

⑳ Aktenzeichen: P 38 02 138.2  
㉑ Anmeldetag: 26. 1. 88  
㉒ Offenlegungstag: 18. 8. 88

Behördeneigentum

DE 3802 138 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①  
28.01.87 JP P 62-16208

㉑ Anmelder:  
Power Reactor & Nuclear Fuel Development Corp.;  
Mitsui Engineering & Shipbuilding Co. Ltd.,  
Tokio/Tokyo, JP

㉒ Vertreter:  
Weber, D., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Seiffert, K.,  
Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte, 6200 Wiesbaden

㉓ Erfinder:

Imamoto, Nobuo; Yamashita, Yasuhio, Ibaraki, JP;  
Sakuno, Koichi, Tokio/Tokyo, JP

⑤④ Nachweissystem für Materialfehler

Ein Nachweissystem für Materialfehler ist beschrieben, welches einen Vibrationserreger und einen Vibrationssensor aufweist, die entfernbar im Abstand an einem zu untersuchenden Aufbau angebracht sind und durch welche Vibrationswellen in Abhängigkeit von der durch den Vibrationserreger erregten Vibration erzeugt werden, sich durch den Aufbau ausbreiten und vom Vibrationssensor ausfindig gemacht und analysiert werden, um einen Defekt oder Fehler im Aufbau nachzuweisen, wobei für den Vibrationserreger ein piezoelektrischer Beschleunigungsmesser benutzt wird, welcher durch gepulste Signale erregt wird, die von einem Vibrationssignalgenerator erzeugt sind, und somit als Vibrationserregerquelle benutzt wird.

DE 3802 138 A 1

## Patentansprüche

1. System für den Nachweis von Materialfehlern, mit einem Vibrationserreger und einem Vibrationssensor, die im Abstand an einem zu untersuchenden Aufbau lösbar anbringbar sind, durch welche die in Abhängigkeit von der durch den Vibrationserreger erregten Vibration erzeugten Wellen, welche sich durch den Aufbau ausbreiten und von dem Vibrationssensor ermittelt sind, analysiert werden, um einen Defekt oder Fehler im Aufbau ausfindig zu machen, dadurch gekennzeichnet, daß für den Vibrationserreger ein piezoelektrischer Beschleunigungsmesser verwendbar ist.
2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Vibrationserreger einen über einen Impulstreiber mit diesem verbundenen Vibrationssignalgenerator aufweist.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein System für die Ermittlung von Materialfehlern und bezieht sich insbesondere auf ein Nachweissystem zum Auffinden eines Defektes oder Fehlers in verschiedenen Konstruktionen, insbesondere solchen Aufbauten wie bei chemischen Anlagen, Kernkraftanlagen usw.

Aufbauten beispielsweise in chemischen Anlagen, in welchen ein korrosives Fluid gehandhabt wird, und Kernkraftanlagen, in welchen die Sicherheit von besonderer Bedeutung ist, weisen Teile auf, bei denen es notwendig ist, periodisch Untersuchungen durchzuführen für den Nachweis der Erzeugung von Aufbauunregelmäßigkeiten. Heutzutage verwendete Verfahren für solche Untersuchungen weisen das Messen der natürlichen Frequenz von Aufbauten, dem Objekt der Untersuchung, auf und umfassen das Schlaghämertestverfahren, wonach ein Hämmern auf einen zu untersuchenden Aufbau durch einen Hammer angewendet wird, der mit einem Kraftdetektor ausgestattet ist, und die natürliche Frequenz des Aufbaus wird bestimmt.

Wo es jedoch unerwünscht ist, den Aufbau entweder der Gefahr der Beeinträchtigung oder des Aufbringens eines übermäßigen Vibrationsgrades auszusetzen, ist das Schlaghämertestverfahren nicht verwendbar. Dieses Testverfahren kann auch nicht auf das Untersuchen von Aufbauten in Kernkraftanlagen abgestellt werden, wo mögliche Strahlungseffekte verhindern, daß sich das Personal den Aufbauten nähert.

Für die Untersuchung struktureller Regelwidrigkeiten ist auch vorgeschlagen worden, von einem piezoelektrischen Vibrationserreger Gebrauch zu machen. Der von diesem Vibrationserreger möglicherweise verwendete Frequenzbereich ist jedoch nur auf ein Hochfrequenzband beschränkt, und außerdem ist die Vibrationserregerkapazität des Erregers relativ begrenzt. Deshalb ist dieses vorgeschlagene Verfahren nicht zur praktischen Benutzung gekommen.

Mit der vorliegenden Erfindung sollen die vorstehend erwähnten Probleme des Standes der Technik beseitigt werden, und es ist Aufgabe der Erfindung, ein Nachweissystem für Materialfehler zu schaffen, mit welchem Aufbauten nach allen möglichen strukturellen Unregelmäßigkeiten untersucht werden können, ohne daß die Aufbauten, Objekt der Untersuchung, beschädigt werden oder eine unnötige oder übermäßige Vibration auf die Aufbauten aufgebracht wird.

Zweckmäßig ist es erfindungsgemäß auch, ein Nach-

weissystem für einen Materialfehler vorzusehen, mit welchem die Untersuchung zum Auffinden einer Strukturanormalität in wirksamer Weise nicht nur bei Aufbauten in chemischen Anlagen und Kernkraftanlagen erfolgen kann sondern auch bei im wesentlichen allen anderen Aufbauten, wie z.B. kleinen und großen Schiffen, Booten, Brücken usw.

Günstig ist es gemäß der Erfindung ferner, ein System zum Auffinden eines Aufbaufektes vorzusehen, dessen Betrieb ferngesteuert werden kann.

Die vorliegende Erfindung löst die vorstehende Aufgabe und erreicht die Vorteile durch Schaffung eines Nachweissystems für Materialfehler, welches einen Vibrationserreger und einen Vibrationssensor aufweist, die lösbar im Abstand an einem zu untersuchenden Aufbau angebracht werden sollen, wodurch die Vibrationswellen, die in Abhängigkeit von der von dem Vibrationserreger erregten Vibration erzeugt sind und sich durch den Aufbau ausgebreitet haben und vom Vibrationssensor ausfindig gemacht wurden, analysiert werden, um einen Defekt oder Fehler in dem Aufbau zu ermitteln, wobei das System dadurch gekennzeichnet ist, daß für den Vibrationserreger ein piezoelektrischer Beschleunigungsmesser verwendet wird.

Somit ist die Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß sie von einem piezoelektrischen Beschleunigungsmesser nicht nur für ihre ursprüngliche oder normale Gebrauchsfähigkeit als ein Vibrometer oder Vibrationssensor sondern auch für einen Vibrationserreger Gebrauch macht.

Der piezoelektrische Beschleunigungsmesser für die Benutzung gemäß der vorliegenden Erfindung sollte vorzugsweise ein solcher sein, der einen breiten Bereich des nützlichen Frequenzbandes (1 Hz bis 10 KHz) hat und zusätzlich nicht irgendeine unnötige oder übermäßige Vibration auf einen zu untersuchenden Aufbau aufbringt. Ein Beispiel nützlicher piezoelektrischer Beschleunigungsmesser ist der hochempfindliche Beschleunigungsmesser vom Typ 213 R, der im Handel erhältlich ist bei der Firma ENDEVCO Corporation (USA).

Der piezoelektrische Beschleunigungsmesser ist über einen Impulstreiber derart mit einem Vibrationssignalgenerator verbunden, daß die Vibration durch gepulste Signale erregt werden kann, die durch den Vibrationssignalgenerator erzeugt sind, der vorzugsweise eine Kapazität zur Erzeugung von 20 bis 10 000 gepulster Signale pro Sekunde haben sollte.

Für den Vibrationssensor, der zum Abfühlen von Vibrationswellen vorgesehen ist, die sich durch einen zu untersuchenden Aufbau ausbreiten, wird ein piezoelektrischer Beschleunigungsmesser verwendet, wie es bei dem vorstehend erwähnten Vibrationserreger der Fall ist.

Nach dem Abfühlen von Vibrationswellen gibt der Vibrationssensor Signale ab, die zu einem Ladeverstärker geschickt und von diesem verstärkt werden und dann einem Datenaufzeichner und/oder einer FFT-Analysiereinrichtung (fast Fourier transform analyzer = schneller Fourier-Transformatoranalysator) zugeführt werden, welchem auch die von dem Vibrationssignalgenerator erzeugten gepulsten Signale zugeführt werden.

Der Ladeverstärker hat dieselbe Kanalanzahl wie der Vibrationssensor, der lösbar an dem zu untersuchenden Aufbau angebracht werden soll. Der Datenrekorder hat eine Kanalanzahl gleich einer Menge der Kanalzahl des Vibrationserregers und der des Vibrationssensors, die lösbar an dem Aufbau, welcher Gegenstand der Unter-

suchung ist, angebracht werden sollen.

Der FFT-Analysator wird für die Analyse der Wellenform der Signale verwendet, die vom Vibrationssensor geschickt werden. Während die Untersuchung einer möglichen Strukturabnormalität in einem Aufbau unter Bezugnahme auf die Wellenform oder auf der Wellenform basierend durchgeführt wird, welche vom FFT-Analysator analysiert wird, wird das Ergebnis der Wellenformanalyse in einer Kontrolleinrichtung oder von einer Kontrolleinrichtung gespeichert, wie z.B. einem Mikrorechner, und wird auch von einem Plotter für eine schematische Verarbeitung verarbeitet.

Das System gemäß der vorliegenden Erfindung weist auch eine Auswahlrichtung auf, die eine Funktion hat, eine Auswahl zwischen einer abhängigen (direkt angeschlossenen) und unabhängigen (nicht angeschlossenen) Seite durchzuführen, und auch eine Funktion, um wahlweise Daten von jedem beliebigen zweier Kanäle aufzunehmen.

Die vorstehenden und anderen Aufbau Merkmale, Betriebsmerkmale und Ergebnisse der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden Beschreibung einer nachfolgend angegebenen ausführlichen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Verbindung mit den Zeichnungen. Es zeigen:

Fig. 1 ein Systemdiagramm eines Nachweissystems für Materialfehler mit der vorliegenden Erfindung; und

Fig. 2 die Darstellung einer bevorzugten Anordnung von Vibrationserreger und Vibrationssensor im Abstand.

In Fig. 1 bezeichnet die Bezugszahl 3 einen Aufbau, das Objekt für die beabsichtigte Untersuchung einer strukturellen Regelwidrigkeit, an welchem zwei Vibrationserreger 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> und sechs Vibrationssensoren 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>, 5<sub>4</sub>, 5<sub>5</sub> und 5<sub>6</sub> entfernt angebracht sind.

Die Vibrationserreger und Vibrationssensoren sind in einer speziellen Abstandsanordnung vorgesehen. Gemäß Fig. 2 sind ein Vibrationserreger 4 und ein Vibrationssensor 5 auf gegenüberliegenden Seiten eines Punktes oder eines Bereiches 3a auf dem Aufbau 3 angeordnet, von dem man erwartet, daß eine Verringerung der Plattendicke des Aufbaumaterials erfolgt ist, z.B. infolge Korrosion oder der Erzeugung eines Bruches oder dergleichen Fehler. Es ist gefunden worden, daß der Vibrationserreger 4 und der Vibrationssensor 5 vorzugsweise einen Abstand voneinander haben sollten von bis zu 5 m einschließlich. Für jeden der Vibrationserreger 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> benutzt man einen piezoelektrischen Beschleunigungsmesser mit einem Frequenzband in einem Bereich von 1 Hz bis 10 KHz, der nicht dazu neigt, irgendeine unnötige oder übermäßige Vibration auf den Aufbau 3 aufzubringen. Ein piezoelektrischer Beschleunigungsmesser mit derselben Funktion wie der für die Vibrationserreger wird auch für jeden der Vibrationssensoren 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>, 5<sub>4</sub>, 5<sub>5</sub> und 5<sub>6</sub> verwendet.

In Fig. 1 ist auch ein Vibrationssignalgenerator mit der Bezugszahl 1 gezeigt, der 20 bis 10 000 gepulste Signale pro Sekunde erzeugt. Die von diesem Signalgenerator 1 erzeugten Signale werden über ein Kabel 13 in einen Impulstreiber 2 gegeben. Der Impulstreiber 2 weist zwei Ladeverstärker 2a und 2b auf, von denen der bei 2a gezeigte über ein Kabel 14<sub>1</sub> mit dem Vibrationserreger 4<sub>1</sub> verbunden ist, während der andere 2b durch ein Kabel 14<sub>2</sub> mit dem Vibrationserreger 4<sub>2</sub> verbunden ist.

Mit 6 ist ein Sechskanalverstärker gezeigt, mit dessen Eingangsseite die Vibrationssensoren 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>, 5<sub>4</sub>, 5<sub>5</sub> bzw. 5<sub>6</sub> über Kabel 15<sub>1</sub>, 15<sub>2</sub>, 15<sub>3</sub>, 15<sub>4</sub>, 15<sub>5</sub> bzw. 15<sub>6</sub> verbun-

den sind.

Die Bezugszahl 7 veranschaulicht einen Achtkanaldatenrekorder oder -aufzeichner, in welchen über Kabel 16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub>, 16<sub>5</sub> und 16<sub>6</sub> die Signale eingegeben werden, welche über den Verstärker 6 verstärkt sind. Auch die von dem Vibrationssignalgenerator 1 erzeugten Impulssignale werden über ein Kabel 17, welches vom Kabel 13 abzweigt, in den Datenrekorder 7 eingegeben.

Die Bezugszahl 8 zeigt eine Auswahlrichtung (Selektor), die gemäß ihrer Funktion wahlweise Daten aus zwei Zusatzkanälen aufnimmt und eine Funktion hat, um eine Auswahl zwischen einer abhängigen (direkt angeschlossenen) und einer unabhängigen (nicht angeschlossenen) Seite zu bewirken. Das heißt, diese Auswahlrichtung 8 weist ein erstes Auswählteil 8a auf, welches die Auswahl zwischen der abhängigen Seite und der unabhängigen Seite durchführt und mit welcher die Ausgangsseite des Datenrekorders 7 über Kabel 18<sub>1</sub>, 18<sub>2</sub>, 18<sub>3</sub>, 18<sub>4</sub>, 18<sub>5</sub> und 18<sub>6</sub> verbunden ist. Kabel 19<sub>1</sub>, 19<sub>2</sub>, 19<sub>3</sub>, 19<sub>4</sub>, 19<sub>5</sub> und 19<sub>6</sub>, die von Kabeln 16<sub>1</sub>, 16<sub>2</sub>, 16<sub>3</sub>, 16<sub>4</sub>, 16<sub>5</sub> und 16<sub>6</sub> jeweils abgezweigt sind, und ein Kabel 20, welches vom Kabel 13 abgezweigt ist, sind auch mit dem ersten Auswählteil 8a verbunden. Die Auswahlrichtung 8 weist auch ein zweites Auswählteil 8b auf, welches über auf Wunsch 2 (Englisch: optional 2) Kanäle bzw. zwei Zusatzkanäle wahlweise Daten aufnimmt und mit welchem über ein Kabel 21 eine FFT-Analysatoreinrichtung 9 verbunden ist.

Bei 11 ist in Fig. 1 ein Steuergerät mit einer eingebauten Schnittstelle gezeigt. Dieses Steuergerät 11 ist über ein Kabel 22 mit dem FFT-Analysegerät 9, durch ein Kabel 23 mit einem Plotter 12 und auch über ein Kabel 24 mit einem FD-Treiber verbunden. Das FFT-Analysegerät ist durch ein Kabel 26 auch mit dem Plotter 12 verbunden.

Das vorstehend beschriebene Nachweissystem für Materialfehler arbeitet gemäß der Erfindung wie folgt. Um eine komplizierte Beschreibung zu vermeiden, ist hier vorgesehen, daß in Verbindung mit dem Vibrationserreger 4 und dem Vibrationssensor 5 der bei 4<sub>1</sub> gezeigte Erreger und der bei 5<sub>1</sub> gezeigte Sensor allein betrieben werden. Es wird auch angenommen, daß das erste Auswahlglied 8a konstant mit der abhängigen (direkt angeschlossenen, on-line) Seite verbunden ist.

Unter den vorstehenden Bedingungen wird das System betrieben, und dann werden von dem Vibrationssignalgenerator 1 gepulste Signale erzeugt, die vom Impulstreiber 2 verstärkt werden und dann zum Vibrationserreger 4<sub>1</sub> überführt werden, um dieses Glied 4<sub>1</sub> zur Erregung zu veranlassen. Die Vibration des Erregers 4<sub>1</sub> wird über den Aufbau 3 ausgebreitet und vom Vibrationssensor 5<sub>1</sub> abgefühlt.

Die von dem Sensor 5<sub>1</sub> abgefühlten Vibrationssignale werden über den Verstärker 6 verstärkt, in die FFT-Analyseeinrichtung 9 eingegeben, zu einer Wellenformanalyse durch diese Analyseeinrichtung 9 gebracht und dann im Steuergerät 11 gespeichert. Auch die für die Wellenformanalyse von der Analyseeinrichtung 9 gebrachten Daten werden auch einer schematischen Verarbeitung durch den Plotter 12 unterworfen.

Ebenso wie die Vibrationssignale, die vom Vibrationssensor 5<sub>1</sub> abgefühlt sind, werden auch die gepulsten Signale, die von dem Vibrationssignalgenerator 1 erzeugt werden, selbst für eine Wellenformanalyse durch die FFT-Analyseeinrichtung verarbeitet, dann im Steuergerät 11 gespeichert und zur gleichen Zeit für eine schematische Verarbeitung durch den Plotter 12 verarbeitet.

Es kann auch zweckmäßig sein, einmal die anfänglich erhaltenen Daten gemäß Vorstehendem dadurch zu speichern, daß man sie auf dem Datenrekorder 7 in einem Zustand aufzeichnet, in welchem die Verbindung des ersten Auswählgliedes 8a auf die nicht angeschlossene, unabhängige Seite geschaltet ist, wenn neue Daten nach einer gewissen Zeitdauer gesammelt werden, wobei die Daten zur Analyse gebracht werden. In diesem Falle kann das System nach der gewissen Zeitdauer ein zweites Mal unter denselben Bedingungen wie unter denen betrieben werden, die anfänglich oder für eine erste Untersuchung da waren, um Daten auf den Signalen zu sammeln, welche von dem Vibrationssignalgenerator 1 erzeugt sind, und Daten auf den Vibrationssignalen, die vom Vibrationssensor 5 abgefühlt sind, um eine Vergleichsprüfung der neu gesammelten Daten mit den anfänglich gesammelten und zuvor gespeicherten Daten durchzuführen.

Somit ist es möglich, jede Änderung der natürlichen Frequenz oder der Antwortcharakteristik auf die Vibration des Aufbaues zu bestimmen, um dadurch in wirksamer Weise jeglichen Defekt oder Fehler ausfindig zu machen, der in dem Aufbau erzeugt werden soll.

Obwohl die vorstehende Beschreibung des bevorzugten Ausführungsbeispieles der Erfindung bei dieser Bezugnahme nur auf das Beispiel beschränkt ist, bei welchem der Vibrationserreger 4<sub>1</sub> und der Vibrationssensor 5<sub>1</sub> alleine betrieben werden, versteht es sich, daß die zwei Vibrationserreger 4<sub>1</sub> und 4<sub>2</sub> und die sechs Vibrationssensoren 5<sub>1</sub>, 5<sub>2</sub>, 5<sub>3</sub>, 5<sub>4</sub>, 5<sub>5</sub> und 5<sub>6</sub> in geeigneter Weise wahlweise kombiniert und für den Betrieb genommen werden können, um genau eine Stelle oder Stellen eines Defektes oder Fehlers im Aufbau zu lokalisieren.

35

40

45

50

55

60

65

– Leerseite –

Fig. 1

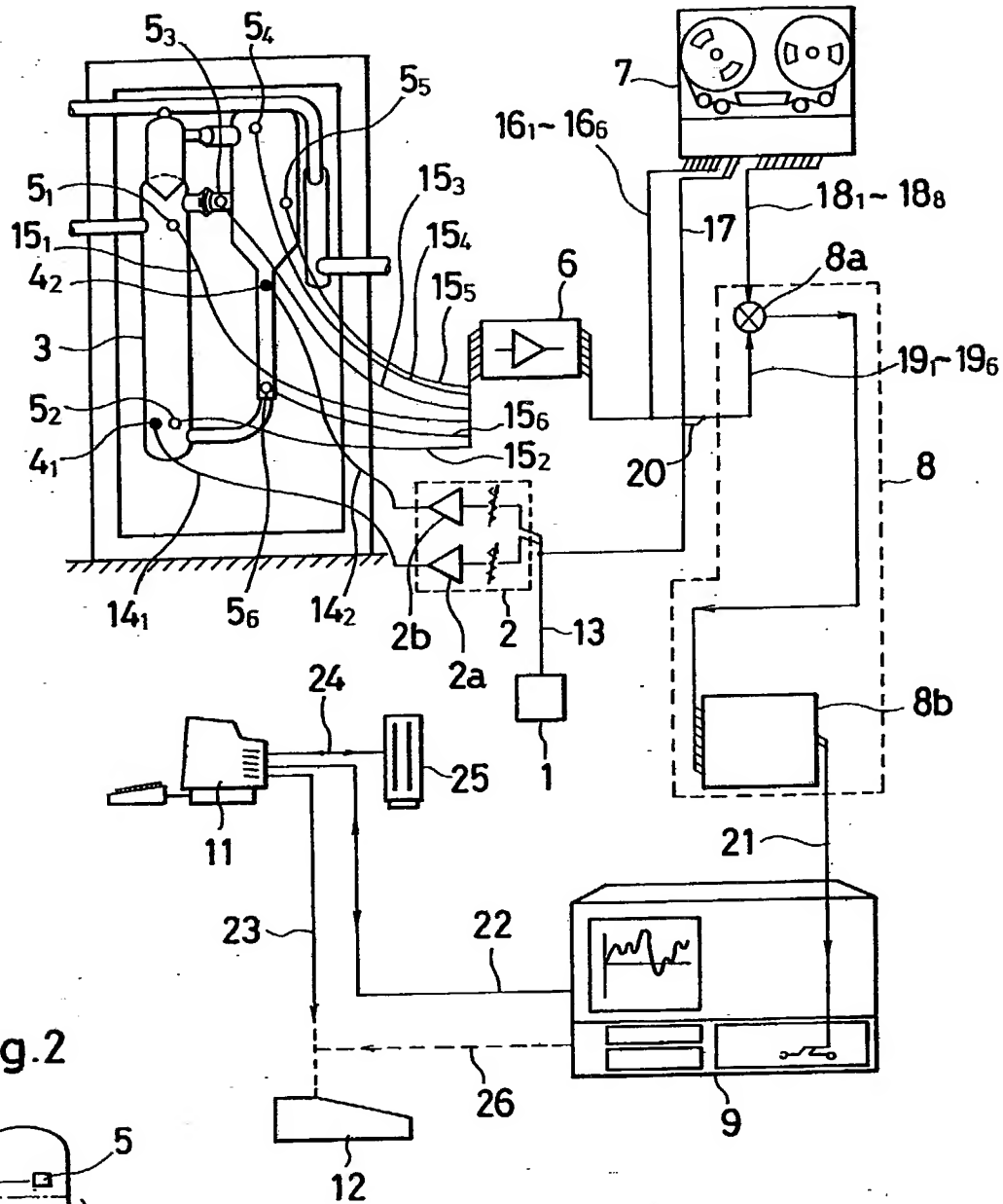


Fig. 2

